

## UDVIKLING AF ET SP-EKSPERIMENT VEDRØRENDE EFTERSPØRGSLEN EFTER ELBILER

ANDERS FJENDBO JENSEN, SPECIALESTUDERENDE, S052566@STUDENT.DTU.DK  
DTU TRANSPORT, DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET (DTU)  
BYGNING 116, BYGNINGSTORVET, 2800 KGS. LYNGBY

**RESUMÉ.** Dette paper beskriver udviklingen af en internetapplikation, som kan benyttes til at indsamle viden om forbrugernes præferencer for elbiler. Dataindsamlingen baseres på Stated Preference metoder, hvor hver respondent i undersøgelsen bliver bedt om at foretage en række hypotetiske valg imellem en elbil og en benzin- eller dieselbil. De enkelte scenarier bliver opbygget ved systematisk at variere et antal attributter vha. eksperimentelt design. Et stort antal af disse attributter varierer ud fra referenceværdier, som er skræddersyet til den enkelte respondent ud fra indledende besvarelser i interviewet. På denne måde kommer de opbyggede scenarier til at fremstå så realistiske, som muligt for den enkelte respondent. Udover en række attributter, der beskriver bilernes pris og egenskaber, er der inkluderet et antal attributter, der beskriver tilgængeligheden til forskellige opladningsmuligheder for elbiler. Baseret på en indledende indsamling af data, er der estimeret en Logit model. Resultaterne indikerer, at især lavere købpris, lavere marginale omkostninger, større rækkevidde og større top hastighed er vigtige i forbindelse bilvalget. Forbrugernes præferencer for elbiler kan derudover fremmes med længere batterilevetid, flere lynladestationer, ligesom det er vigtigt, at der er en tilgængelig ladestander tæt på hjemmet til opladning af elbilen om natten. Resultaterne indikerer desuden, at kvinder har større præferencer for elbiler end mænd. Det var ikke muligt at få signifikante parametre på attributterne for CO<sub>2</sub>-udledning samt for mulighed for opladning på arbejdsplads.

**Keywords:** *Experimental design, Stated Preference, Discrete Choice, Logit, Electric vehicle demand*

### INTRODUKTION

I disse år introduceres flere og flere elbiler på det danske bilmarked. Den moderne batteriteknologi muliggør længere rækkevidder, mere fleksibel brug samt bilmodeller, hvis rummelighed og køreegenskaber efterhånden nærmer sig konventionelle biler med benzin- og dieselmotorer. Undersøgelser foretaget på DTU Transport viser at op mod 70 % af danske husstande med én bil og to eller flere personer med kørekort, kan nøjes med at lade væk fra hjemmet fire gange eller mindre om måneden med deres nuværende mobilitetsbehov, hvis de anskaffer en elbil med en rækkevidde på 120 km, Christensen et al. [2010]. Nødvendige opladninger væk fra hjemmet kan eksempelvis foretages på arbejdspladsen eller på offentlige parkeringspladser med ladestander, ligesom der tales om stationer med lynladninger eller batteriskift, hvor der opnås fuldt opladet batteri på den samme tid, som det tager at fylde tanken på en konventionel bil. Teoretisk set har elbilen dermed potentiale til at erstatte store dele af den nuværende bilpark. Spørgsmålet er, om forbrugerne er villige til at acceptere elbilen og de forskelle, der er fra konventionelle biler.

En større andel af elbiler på vejene ses af mange som et vigtigt område, hvor vi kan reducere vores udledning af drivhusgasser og luftforurenende stoffer. Transportsektoren er i øjeblikket en af de største bidragsydere til den danske udledning af CO<sub>2</sub>, og luftforurening med partikler fra benzin og dieselmotorer giver anledning til alvorlige sundhedseffekter. Derudover er transportsektoren er overvejende afhængig af olieprodukter, hvilket gør den sårbar overfor faldende oliereserver og stigende oliepriser.

Energisektoren er desuden særligt interesseret i elbilens potentielle medvirken til at effektivisere elnettet. Med en stor andel el produceret fra vindmøller, har Danmark en meget variabel elproduktion, som er kostbar at tilpasse efterspørgslen. Elbiler kan her være med til at aftage

el, når produktionen er høj, og efterspørgslen lav, og der forskes i løsninger, hvor der kan tages strøm fra batterier i parkerede elbiler, når produktionen er lav, og efterspørgslen er høj.

Der er imidlertid en lang række barrierer, der gør at markedsindtrængningen for elbiler i Danmark er afventende. Rækkevidden er stadig langt lavere end konventionelle bilers, og kostbare batterier, der forventes at skulle udskiftes i løbet af bilens levetid, gør elbiler dyrere end almindelige biler. Derudover er det svært for forbrugeren at vurdere vedligeholdelsesomkostninger og gensalgspris i forbindelse med køb af en elbil. På nuværende tidspunkt findes der kun i et meget begrænset omfang infrastruktur til servicering af elbiler, og mulighederne for at oplade væk fra hjemmet er dermed små. Der kræves således store tiltag og investeringer for at promovere og implementere teknologien.

For at fremme markedsindtrængningen af elbiler, er det nødvendigt at forstå husstandes præferencer, der ligger til grund for den enkeltes bilvalg. Dette inkluderer først og fremmest køretøjets pris og køreegenskaber, men også i høj grad andre faktorer såsom driftsomkostninger og tilgængeligheden til forskellige typer opladningsmuligheder. Forbrugernes præferencer for alternative køretøjer er ofte blevet undersøgt vha. såkaldte "Stated Preference" (SP) eksperimenter. I sådanne undersøgelser bliver respondenterne stillet over for en række hypotetiske scenarier, hvor et valg af et alternativ skal baseres udelukkende på de givne informationer. Et eksempel på en sådan undersøgelse er beskrevet i Jordal-Jørgensen [2010]. Fokus var her at undersøge husstandes præferencer for hhv. konventionel benzin eller diesel, hydrogen, hybrid (kombination af elektricitet og benzin eller diesel), bio-diesel samt elektricitet som drivkraft ved køb af ny bil. For elbiler kom den relativt dårlige rækkevidde til at spille en afgørende rolle, mens tilgængelighed til forskellige opladningsmuligheder ikke indgik i analysen.

Dette paper omhandler udviklingen af et SP-experiment, der udelukkende omhandler efterspørgslen efter batteridrevne elbiler. Eksperimentet inkluderer en detaljeret inddragelse af elbilernes egenskaber og forskellige løsninger inden for opladning og udskiftning af batteri. Opbygningen af scenarier bliver styret af eksperimentelt design, som skal sikre så lille en varians på de estimerede parametre som muligt.

Eksperimentet er udviklet i forbindelse med et kandidatprojekt på DTU Transport udført første halvår af 2010 og har resulteret i et spørgeskema, der kan udfyldes via internettet. Skemaet er i en pilotrunde testet på 582 personer, som frivilligt har indvilliget i at deltage i undersøgelsen efter at invitationer blev sendt ud til kolleger, venner og bekendte via email og Facebook. Denne første undersøgelsesrunde er således af et noget begrænset omfang, men de indhentede besvarelser giver et vigtigt indblik i, hvilke justeringer, der skal foretages, inden der udføres en omfattende runde af interviews efter kandidatprojektets færdiggørelse.

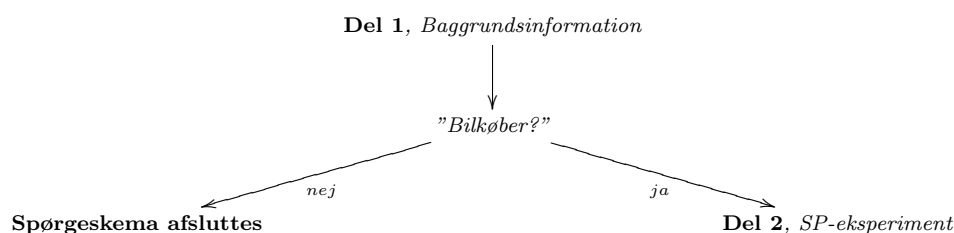
## OPSÆTNING AF UNDERSØGELSEN

Det endelige produkt af kandidatprojektet består af en internetapplikation, udviklet specielt til at indhente de relevante data i undersøgelsen. Applikationen er udviklet i HTML og PHP og spørgsmål og svar bliver håndteret og gemt på en online MYSQL server. Applikationen er designet med henblik på, at det skal være muligt at lave nødvendige justeringer af det benyttede design og attributter, ligesom den er forberedt til at kunne administrere en omfattende interviewrunde senere, hvor der sendes individuelle invitationer med unikke referencenumre ud til respondenter.

Indhentning af data via internettet kræver en relativt lav startudgift til programmering og opsætning af hjemmeside. Omkostningerne er herefter uafhængig af antallet af observationer. Derudover er responstiden meget kort sammenlignet med andre metoder, der eksempelvis benytter ordinær post eller interview via telefon. Sådanne metoder tilbyder heller ikke de samme muligheder for at skræddersy spørgsmålene til respondenterne. Derudover er det muligt at følge dataindsamlingen løbende og foretage øjeblikkelige ændringer af eksempelvis forklarende tekst

eller andre dele af undersøgelsen, hvis det viser sig nødvendigt.

Internetundersøgelser er tidligere blevet kritiseret for, at potentielle samfundsgrupper med begrænset adgang til internettet bliver svagt repræsenteret i de indhentede observationer. I Danmark er tilgængeligheden til internettet imidlertid på så højt et niveau, at denne effekt vil være minimal<sup>1</sup>. Som argumenteret for i Potoglou and Kanaroglou [2007], kan en overrepræsentation af personer med adgang til internettet ligefrem være med til at forbedre signifikansen af de estimerede parametre i en undersøgelse, der omhandler biler med alternative drivmidler. Disse befolkningsgrupper har statistisk set et højere uddannelsesniveau<sup>2</sup> og dermed en større valgfrihed, hvilket giver større forskellighed i deres bilvalg.



FIGUR 1. Opbygning af undersøgelsen

Undersøgelsen består af to dele, som vist i figur 1. I Del 1 indsamles detaljeret baggrundsinformation omkring respondenter og husholdning, imens Del 2 benyttes til indsamling af SP-data omkring valg af bil. Kun respondenter, der i Del 1 bliver evalueret som "bilkøber", bliver bedt om at fortsætte til Del 2. En bilkøber er i denne forbindelse en person, der har anskaffet en bil inden for det sidste år, eller overvejer at anskaffe en bil inden for de næste fem år. Begrundelsen for denne opsætning er, at præferencer ved bilkøb bedst opnås fra personer, der for nyligt har foretaget et bilkøb eller overvejer et. Disse personer vil derudover have lettere ved at relatere til de forskellige valg.

TABEL 1. Baggrundsinformation indhentet i del 1 af undersøgelsen

Respondent	Husstand	Andre personer	Køretøjer
Fødselsår	Adresse	Fødselsår	Ejerforhold
Køn	Boligtype	Køn	Bilklasse
Afstand til arbejdsplads-/uddannelsessted	Ejerforhold	Afstand til arbejdsplads-/uddannelsessted/institution	Model årgang
Besiddelse af kørekort	Medlem af delebilklub	Besiddelse af kørekort	Drivmiddel
Beskæftigelse	Antal personer i husstanden	Relation til respondent	Årlig kørsel
Højest gennemførte eksamen	Antal køretøjer i husstanden	Årlig nettoindkomst*	Bruger
Årlig nettoindkomst			

\* kun for ægtefælle/samlever

En oversigt over den indhentede baggrundsinformation i Del 1, er vist i tabel 1. Spørgsmålene er fordelt over fire sider, og for at forenkle indtastningen for respondenter kan svar i mange tilfælde angives ved markering af bokse eller ved valg imellem svarmuligheder fra et rullegardin. Det er til enhver tid muligt at gå tilbage for at rette den indtastede information. I applikationen er der indbygget en række kontroller, der sørger for at begrænse manglende svar eller svar, der tydeligvis er forkerte. Det er således ikke muligt for respondenter at fortsætte til næste side, før

<sup>1</sup>Andelen af befolkningen i Danmark med adgang til internettet hjemme eller på arbejdspladsen var i 2007 86%, både for Østdanmark og Vestdanmark, [www.statistikbanken.dk](http://www.statistikbanken.dk), besøgt 4.august 2010

<sup>2</sup>I 2007 var tilgængeligheden til internettet for grupper med Grundskoleuddannelse, Gymnasial- og Erhvervsfaglige uddannelser samt Videregående uddannelser hhv. 76%, 89% og 96%, [www.statistikbanken.dk](http://www.statistikbanken.dk), besøgt 4. august 2010

disse kontroller godkender de angivne svar. Derudover er der en række dynamiske funktioner, der løbende tilpasser skemaet til den enkelte respondent ud fra angivne svar.

I slutningen af Del 1 bliver oplysningerne omkring tidligere eller planlagte bilkøb indsamlet. Som nævnt er det kun respondenter, der angiver at have købt en bil inden for det sidste år, eller som planlægger at købe en bil inden for de næste fem år, som går videre til Del 2. Hvis der er tale om et forventet fremtidigt bilkøb, bliver respondenter bedt om at angive, om vedkommende har planlagt at udskifte en evt. nuværende bil, eller om der er tale om yderligere en bil til husstanden. Der er således indhentet nok informationer, så det er muligt at bestemme, om de efterfølgende valgsituationer i Del 2 omhandler køb af første bil til husstanden, eller om der er andre biler i husstanden. Pga. elbilernes begrænsede rækkevidde er det sandsynligt, at der vil være større præferencer for elbiler, hvis der i husstanden er en konventionel bil, som kan løse husstandens behov for længere ture.

Som en introduktion til Del 2, ledes respondenter igennem en række sider, med en beskrivelse af de kommende valgscenarier, ligesom der bliver givet nogle generelle informationer omkring elbiler, opladningstyper og elbilernes miljøpåvirkninger. Mange respondenter vil sandsynligvis synes, at der er meget, der skal læses, men det er vigtigt for at kunne tage et valg, at respondenter besidder en basal viden omkring omfanget af de opstillede scenarier. På selve valgsiderne er det muligt at hente disse forklaringer frem igen, vha. indsatte links på siden.

I Del 2 bliver respondenter bedt om at foretage en række valg imellem en konventionel bil med benzin eller dieselmotor samt en elbil. De opstillede scenarier er hypotetiske og bilerne beskrives udelukkende vha. et antal udvalgte attributter, som antages at være vigtigst i valget mellem de to biltyper. De udvalgte attributter til dette eksperiment består af:

- Købspris
- Udgift til drivmiddel per kørt kilometer
- Holdbarhed på batteri (kun elbil)
- Tophastighed
- Rækkevidde ved fuld tank/opladning
- Udledning af CO<sub>2</sub>
- Afstand til opladning hjemme (kun elbil)
- Mulighed for opladning på arbejdsplads (kun elbil)
- Andel af offentlige parkeringspladser med ladestander (kun elbil)
- Antal tankstationer opgraderet til at kunne håndtere lynladning eller batteriskift (kun elbil)

Et eksempel på en valgside, er vist i figur 2. Der er øverst angivet, i hvilken situation respondenter skal foretage et valg. Som beskrevet senere afhænger de opstillede scenarier af de indledende besvarelser fra hver respondent. De opstillede valgmuligheder for konventionel bil og elbil er opstillet i kolonner, hvor attributter er fordelt i grupper af monetære, ikke-monetære og miljømæssige attributter, samt en gruppe af attributter, der beskriver opladningsmuligheder. Kolonnerne for elbil og konventionel bil skifter tilfældigt side imellem de forskellige valgscenarier. Denne funktion vil enkelte respondenter muligvis finde generende, men den vil også være med til at øge fokus. Eksempelvis vil respondenter, der meget tidligt i forløbet beslutter sig for at vælge benzinbilen i samtlige scenarier, ikke kunne nøjes med meget hurtigt at klikke i samme side og så gå videre. Applikationen gemmer information omkring, hvilken side bilerne har været placeret, så det er muligt at frasortere respondenter, der alligevel har valgt samme side i alle valgscenarier.

Under angivelsen af antal tilgængelige hurtigoptankningsmuligheder, er der et link, markeret "Se placeringer på kort". Dette link henviser til et kort, der angiver hvilke nuværende tankstationer i Danmark, der i dette scenarie er blevet opgraderet til at kunne håndtere elbiler, der skal have en hurtigoplading eller batteriskift. Respondenter har dermed en mulighed for at vurdere, om disse opgraderinger vil have betydning for eget kørselsmønster. Placeringerne er baseret på

**Bilvalgsundersøgelse**

DTU Transport  
Institut for Transport

Danmarks Tekniske Universitet DTU

**Bilvalgsundersøgelse**

**Valg af ny bil, Mini (7 af 8)**

Vælg venligst den af disse to biler, som du ville foretrække.

Det antages at bilerne er fuldstændig ens, på nær de oplysninger, som gives nedenfor.

**Vejledninger**

- Elbil
- Opladningstyper
- Miljøpåvirkninger

	Elbil	Benzinbil
<b>Omkostninger</b>		
Købspris	121.000 kr	174.000 kr
Brændstof	14 øre/km	72 øre/km
Batteriskift (værdi af nyt batteri: ca. 64.000 kr.)	250.000 km	
<b>Egenskaber</b>		
Tophastighed	94 km/t	137 km/t
Rækkevidde ved fuld tank/opladning	176 km	420 km
<b>Miljø</b>		
Udledning af CO <sub>2</sub>	44 g/km	90 g/km
<b>Opladning af elbil</b>		
Hjemmeladning	Ved hoveddør	
Ladning på arbejdsplads	Muligt	
Offentlige opladningssteder	40% af offentlig parkering	
Hurtigoptankning	20 stk	
	Se placeringer på kort	
<input type="radio"/> Jeg foretrækker denne bil <input type="radio"/> Jeg foretrækker denne bil		
<input type="button" value="Godkend / Videre -&gt;"/>		

FIGUR 2. Eksempel på en internetside med valgscenarie

resultater fra Nørrelund and Olsen [2010], hvor der vha. data fra Transportvaneundersøgelsen, Jensen [2009], er estimeret en lokaliseringsmodel for hvilke af de nuværende tankstationer det vil være mest optimalt at opgradere. Modellen kan køres for et givet totalt antal stationer, som ønskes opgraderet.

## EKSPERIMENTELT DESIGN

En vigtig del af et SP-eksperiment er, hvordan de forskellige scenarier bliver bygget op omkring de udvalgte attributter. Vha. eksperimentelt design er det muligt, systematisk at variere forholdet mellem attributterne for de alternativer, der skal vælges imellem. Herved minimeres variansen på de estimerede tilhørende parametre. Efter udvælgelsen af et antal attributter, bestemmes det, hvor mange niveauer der skal være for hver attribut. Der findes forskellig software, som herefter kan benyttes til at opstille en design-matrix, som specifikt angiver, hvilket niveau, der skal angives for hver attribut i hvert scenarie.

Idet de indhentede SP-observationer bliver baseret på valg i en række hypotetiske scenarier, er der som udgangspunkt stor frihed til at vælge hvilke attributter, der inkluderes i undersøgelsen. Det er dog vigtigt at holde antallet af attributter på et niveau, hvor det er overskueligt for respondenterne at foretage et realistisk valg. En stor opgave i opsætningen af eksperimentet var dermed at få inddraget de attributter, som kan forklare den overordnede kognitive kompleksitet, men samtidig uden at scenarierne bliver uoverskuelige for respondenterne. Derudover vil design-matricen, og dermed antallet af mulige scenarier, hurtigt opnå proportioner, som er svære at arbejde med, når antallet af attributter og tilhørende niveauer øges.

For at respondenterne skal kunne relatere mulighederne til virkeligheden og foretage realistiske valg, er det ligeledes nødvendigt at relatere realistiske muligheder til de enkelte attributter. I mange henseender vil der være store forskelle på, hvad de enkelte respondenter vil synes er realistisk. En person, der overvejer at købe en brugt bil i mini-klassen til omkring 50.000 Dkr, vil eksempelvis have svært ved at skulle tage stilling til et køb af en ny bil tilhørende stor klasse til langt over 400.000 Dkr. Det er derfor forsøgt at skræddersy de enkelte muligheder til den enkelte respondent ud fra de indledende spørgsmål i undersøgelsen. Respondenten bliver her bedt om at specificere et tidligere bilkøb inden for det sidste år eller overvejelser om et fremtidigt køb inden for de næste fem år. Det er muligt at vælge mellem syv bilklasser, samt om bilen fremdrives af benzin eller diesel. Derudover skal det specificeres, om der er tale om en ny bil, en brugt bil 0-5 år gammel eller en brugt bil 5-10 år gammel.

Ud fra disse angivelser bliver respondenterne tildelt en Referencebil A, som er en almindelig benzin- eller diesebil svarende til de specifikationer, som respondenterne har givet, samt en Referencebil B, som er en elbil i samme bilklasse som Referencebil A. Det er i princippet variationer af disse to referencebiler, som der senere skal foretages valg imellem. Referencebilerne har forskellige værdier inden for attributterne: Købspris, Udgift til Drivmiddel, Rækkevidde, Topfart samt udledning af CO<sub>2</sub>, som angivet i tabel 2. Disse værdier er sat som et antaget gennemsnit for den enkelte referencegruppe. Den eneste attribut, der afhænger af, om det er en ny eller brugt bil, er købsprisen. Her halveres købsprisen for brugte biler 0-5 år gammel, mens købsprisen for brugte biler 5-10 år gammel skæres til 25% af nyprisen. Elbilernes CO<sub>2</sub>-udledning er baseret på opgørelser for udledning af CO<sub>2</sub> per MWh for danske elproducenter samt opgjort forbrug af el for en række moderne elbiler på markedet. Dokumentation for fastsættelsen af de forskellige referenceværdier findes i Jensen [2010].

TABEL 2. Referenceværdier benyttet i spørgeskemaet

Bilklasse	Drivmiddel	Købspris*	Udgift til drivmiddel	Rækkevidde	Topfart	Udledning af CO <sub>2</sub>
		[Dkr]	[øre/km]	[km]	[km/h]	[g/km]
Mini	Benzin	134069	55	600	130	100
Lille klasse	Benzin	195873	67	600	160	110
Mellemklasse 1	Benzin	322912	79	600	190	140
Mellemklasse 2	Benzin	462666	90	600	190	160
MPV	Benzin	361947	86	600	190	160
Øvrig	Benzin	657475	107	600	190	180
Stor klasse	Benzin	767359	100	600	200	180
Mini	Diesel	142051	37	700	130	100
Lille klasse	Diesel	208604	42	700	160	110
Mellemklasse 1	Diesel	344591	50	700	190	110
Mellemklasse 2	Diesel	474264	57	700	190	120
MPV	Diesel	476046	61	700	190	120
Øvrig	Diesel	615501	74	700	190	150
Stor klasse	Diesel	733198	63	700	200	150
Mini	El	som Referencebil A	20	160	110	49
Lille klasse	El	som Referencebil A	20	160	130	49
Mellemklasse 1	El	som Referencebil A	30	160	140	73,5
Mellemklasse 2	El	som Referencebil A	30	160	140	73,5
MPV	El	som Referencebil A	30	160	140	73,5
Stor klasse	El	som Referencebil A	40	160	150	98
Øvrig	El	som Referencebil A	40	160	140	98

\* Referenceværdien sættes til 50% og 25% af købsprisen for hhv. brugt bil 0 - 5 år og brugt bil 5 - 10 år

Ved hjælp af eksperimentelt design blev der således opbygget en række valgscenarier, der inkluderer et valg mellem to køretøjer; hhv. en almindelig benzin eller dieseldrevet bil og en elbil. Design-matricen består af ialt 64 scenarier udledt fra et 4<sup>14</sup>2<sup>1</sup>8<sup>1</sup> ortogonalt design, som er udviklet vha. specielle SAS makroer til eksperimenter med diskrete valgscenarier, Kuhfeld [2009]. Designet giver mulighed for at estimere 14 attributter med 4 niveauer samt en attribut med 2 niveauer og en attribut med 8 niveauer. De inkluderede attributter er vist i tabel 3 sammen

med de tilhørende niveauer. Respondenterne bliver i eksperimentet bedt om at foretage et valg i 8 af de forskellige hypotetiske scenarier, og svar fra otte respondenter vil dermed dække en fuld design-matrix. Attributten med otte niveauer bliver brugt til at fordele scenarierne mellem respondenterne. Bemærk, at niveauerne for attributterne: Købspris, Udgift til Drivmiddel, Rækkevidde, Topfart samt udledning af CO<sub>2</sub> angiver en værdi relativt til de referencebiler, som er tildelt den enkelte respondent, mens resten af attributterne varierer over de samme muligheder for alle respondenter.

TABEL 3. Attributter og niveauer i eksperimentet

Design attribut	Almindelig benzin- eller dieselbil Drivmiddel: som referencebil A Bilklasse: som referencebil A	Batteridrevet elbil Drivmiddel: el Bilklasse: som referencebil B
Købspris [Dkr] (Referenceværdi justeres for hhv. brugt 0-5 år og brugt 5-10 år gl. bil)	(1) Referencebil A – 30% (2) Referencebil A – 10% (3) Referencebil A + 10% (4) Referencebil A + 30%	(1) Referencebil B – 30% (2) Referencebil B – 10% (3) Referencebil B + 10% (4) Referencebil B + 30%
Omkostning til drivmiddel [Dkr/km]	(1) Referencebil A – 30% (2) Referencebil A – 10% (3) Referencebil A + 10% (4) Referencebil A + 30 %	(1) Referencebil B – 30% (2) Referencebil B – 10% (3) Referencebil B + 10% (4) Referencebil B + 30%
Batteriets levetid [km]	–	(1) 250.000 (2) 200.000 (3) 150.000 (4) 100.000
Tophastighed [km/t]	(1) Referencebil A – 15% (2) Referencebil A – 5% (3) Referencebil A + 5% (4) Referencebil A + 15%	(1) Referencebil B – 15% (2) Referencebil B – 5% (3) Referencebil B + 5% (4) Referencebil B + 15%
Rækkevidde [km]	(1) Referencebil A – 30% (2) Referencebil A – 10% (3) Referencebil A + 10% (4) Referencebil A + 30%	(1) Referencebil B – 30% (2) Referencebil B – 10% (3) Referencebil B + 10% (4) Referencebil B + 30%
Udledning af CO <sub>2</sub> [g/km]	(1) Referencebil A – 30% (2) Referencebil A – 10% (3) Referencebil A + 10% (4) Referencebil A + 30%	(1) Referencebil B – 30% (2) Referencebil B – 10% (3) Referencebil B + 10% (4) Referencebil B + 30%
Hjemmeladning (Haves egen private parkeringsplads vises kun "Hjemme")	–	(1) Hjemme (2) 200 m fra hoveddør (3) 400 m fra hoveddør (4) 600 m fra hoveddør
Opladning på arbejdsplads	–	(1) Muligt (2) Ikke muligt
Offentlig opladningssteder	–	(1) 0% af offentlige parkeringspladser (2) 20% af offentlige parkeringspladser (3) 40% af offentlige parkeringspladser (4) 60% af offentlige parkeringspladser
Tilgængelighed til batteriskift/hurtigladning som antal opgraderede tankstationer i Danmark (optimale placeringer vist på kort)	–	(1) Ingen (2) 10 stk. (3) 20 stk. (4) 30 stk.

På nær de elbilsspecifikke attributter, er udvælgelsen af attributter til en vis grad baseret på tidligere erfaringer, herunder Dagsvik et al. [2002], Adler et al. [2003], Batley et al. [2004] og Potoglou and Kanaroglou [2007]. Sådanne erfaringer er særdeles værdifulde, idet et dårligt designet eksperiment vil give et dårligt eller slet intet resultat. Pga. det relativt store antal attributter, er en risiko for, at der ikke kan opnås signifikante estimationer på flere af attributterne, hvis respondenterne ikke kan overskue omfanget af de enkelte scenarier. Denne specifikation er valgt til den første pilotrunde af interviews, og der er dermed mulighed for at reevaluere de enkelte attributter, før de medtages i den endelige specifikation. Der kunne yderligere være medtaget en gruppe af attributter, til at beskrive politiske tiltag, som f.eks. den nuværende fritagelse for registreringsafgifter eller gratis parkering. Det blev dog vurderet at det i første omgang var vigtigst at analysere opladningsparametrene.

## RESULTATER

Invitationer til at deltage i undersøgelsen er i første omgang blevet sendt ud til kolleger, venner og bekendte i perioden fra d. 10. juli til 6. august 2010. Ialt 582 personer loggede på siden i denne periode, hvoraf 345 gennemførte Del 1 og 244 gennemførte Del 2. Idet hver respondent, der gennemfører Del 2 foretager 8 valg, er der i alt opnået 1952 observationer. 199 respondenter benyttede muligheden for at indtaste en kommentar i en boks indsat til formålet på sidste side.

Det er ikke muligt at observere præcis hvad i Del 1, der er skyld i frafaldet på ca. 40%. En del tilbagemeldinger fra respondenter indikerer dog, at applikationen ikke var fleksibel og hjælpsom nok. Flere personer havde problemer med at finde ud af, hvad fejlen var, når de indbyggede kontroller nægtede dem adgang til næste side. Applikationen siger kun at der er en fejl, og dermed ikke præcis hvilken. Problemet var især stort på siderne, hvor der indtastes information om andre personer i husstanden, samt ved indtastning af husstandens biler. Her er alle felter placeret på en vandret linie, mens fejlmeddelelsen kommer ude i venstre side. Mange troede derfor, at det var i venstre side de skulle se efter fejlen, selvom den måske var meget længere mod højre. Andet frafald i respondenter kan skyldes modvilje mod at give specifikke personlige oplysninger, såsom indkomst.

Et problem viste sig ligeledes i forbindelse med indtastningen af adresse. Her er der inkluderet en avanceret funktion til adressesøgning, der skal sikre mod stavfejl og muliggøre indhentning af yderligere data fra adressedatabasen. Funktionen viste sig dog at være aldeles ufleksibel, og for mange respondenter lykkedes det ikke at finde deres adresse, selvom denne findes i databasen, som der blev søgt fra. Det lykkedes kun for 43% at finde egen adresse. Resten af respondenterne benyttede sig af muligheden for at indtaste adressen manuelt.

Tabel 4 viser sociale karakteristika for respondenter, der gennemførte Del 2 af undersøgelsen. Uddannelseniveau er en skala for sidst gennemførte uddannelse, hvor 1 er lig "1.-7. klasse" og 11 er "Lang videregående (mindst 5 år)". For "valg af bilklasse" angiver 1 "Mini" klassen, mens 7 i den anden ende angiver "Øvrig". Minimum for husstandsindkomst er nul, idet enkelte respondenter, der ikke har villet oplyse indtægt, har angivet dette.

TABEL 4. Karakteristika for respondenter i Del 2

	Gennemsnit	Std. afvigelse	Min	Max
Alder	40,06	13,51	20	73
Mand dummy	0,63	0,48	0	1
Personer i husstand	2,40	1,19	1	7
Biler i husstand	0,91	0,72	0	4
Afstand til arbejde [km]	18,86	29,64	0	330
Uddannelsesniveau	9,80	1,94	2	11
Årlig kørsel for husstandens biler [1,000 Dkr]	16,42	15,94	0	90
Delebilsklub dummy	0,02	0,16	0	1
Valg af bilklasse	3,28	1,30	1	7
Valg af drivmiddel [Benzin = 1]	0,61	0,49	0	1
Husstandsindkomst [100,000 Dkr]	4,84	3,12	0	24

De indhentede data blev undersøgt med en Logit model, Ben-Akiva and Lerman [1985]. Med antagelsen om at hvert individ foretager det valg, der giver maksimal personlig nytte, opskrives for hvert alternativ en lineær nyttefunktion, der afhænger af attributter for alternativene samt socioøkonomiske variable for respondenter. For respondent  $n$  og alternativ  $j$ , bliver den opnåede nytte beregnet som:

$$U_{nj} = a_{nj} + \beta'_j x_{nj} + \epsilon_{nj},$$

hvor  $a_{nj}$  er alternativ specifikke konstanter ( $a_1 = 0$  for identifikation),  $x_{nj}$  er observerede variable, der beskriver respondenter  $n$  og alternativet  $j$ ,  $\beta_j$  er en vektor af parametre, der for hvert



alternativ relaterer disse variable til den opnåede nytte, og  $\epsilon_{nj}$  er det stokastiske fejld. Det antages at  $\epsilon_{nj}$  følger en Gumbel fordeling og at de er identiske og uafhængige over respondenter og alternativer (IID).

Det antages, at nyttegraden af penge er konstant på tværs af alternativer, dvs. parametrene for købspris og udgift til drivmiddel er generiske. På samme måde antages parametrene for tophastighed, rækkevidde og udledning af CO<sub>2</sub> at være generiske. Den funktionelle form for attributter blev testet, og det viste sig at modellen passede data bedre for log(købspris), log(udgift til drivmiddel) samt log(rækkevidde).

Modellen blev estimeret med 1952 observationer. En parameter for en variabel blev kun medtaget hvis denne opnåede et signifikansniveau på 5 %. Det var ikke muligt at opnå signifikante parametre på alle inkluderede attributter for alternativerne, som vist i tabel 5. Attributten "andel af offentlig parkering med ladestander" har muligvis været for svær at forholde sig til, og den tilhørende parameter måtte udelades fra modellen. Der blev heller ikke umiddelbart opnået signifikans på parameteren for "mulighed for at lade på arbejdsplads". Pga. det lave antal observationer er parameteren dog medtaget med et signifikansniveau på 7%. Parameteren for CO<sub>2</sub>-udledning var det heller ikke muligt at få signifikans på.

TABEL 5. Resultater af estimation

Variabel nummer	Beskrivelse	Parameter værdi	Robust Asympt. std. error	t-stat	p-værdi
1	Alternativ specifik konstant, Elbil	-0.324	0.332	-0.98	0.33*
2	Batteriets levetid, Elbil	0.210	0.0892	2.36	0.02
3	Afstand til hjemmeopladning, Elbil	-0.514	0.226	-2.28	0.02
4	Mulighed for at lade på arbejdsplads, Elbil (1 hvis muligt)	0.180	0.0994	1.81	0.07*
5	Anskaffelsespris	-1.06	0.151	-7.00	0.00
6	Udgift til drivmiddel	-0.629	0.224	-2.81	0.00
7	Rækkevidde	0.620	0.152	4.08	0.00
8	Antal tankstationer med mulighed for lynladning eller batteriskift, Elbil	1.52	0.442	3.43	0.00
9	Tophastighed	0.401	0.196	2.04	0.04
10	Medlem af delebilklub (1 hvis ja)	1.25	0.328	3.82	0.00
11	Antal biler i husholdning	0.340	0.112	3.04	0.00
12	Valgt bilklasse (1 for Mini og Lille klasse)	0.393	0.121	3.24	0.00
13	Køn (1 for mand)	-0.352	0.103	-3.42	0.00
14	Husholdningsindkomst	0.0258	0.0126	2.05	0.04
15	Årligt kørte kilometer i husstandens biler	-0.0196	0.00606	-3.23	0.00

Resten af parametrene for de inkluderede attributter for alternativerne blev signifikante med forventet fortegn. En positiv parameter for levetid for elbilens batteri indikerer eksempelvis at en længere levetid giver større præference for elbiler, mens en negativ parameter for afstand til hjemmeopladning indikerer at en længere afstand til en ladestander ved hjemmeadressen giver lavere præference for elbiler. Parametrene for anskaffelsespris og udgift til drivmiddel er begge negative, idet højere pris betyder lavere præference. Parametrene for tophastighed og rækkevidde er positive, idet højere tophastighed og længere rækkevidde giver højere præference. Derudover er det lykkedes at få respondenterne til at forholde sig til antallet af lynladestationer, hvilket ses i en positiv estimeret parameter.

For de socioøkonomiske variable blev der desuden opnået signifikante parametre for Medlem af delebilklub, Antal biler i husholdning, Køn, Husholdningsindkomst samt Årligt kørte kilometer i husstandens biler. Der blev ikke opnået signifikante parametre for Uddannelsesniveau, Antal personer i husstand, Afstand til arbejde for respondent samt Alder. De socioøkonomiske

variable er medtaget i elbilens nyttefunktion og betegner derved en præference for en elbil i forhold til en konventionel bil. Den positive parameter for variabelen "Antal biler i husstanden" indikerer dermed, at der er større præferencer for elbiler, jo flere biler, der er i husstanden. Dette virker plausibelt, idet husstandens behov for længere ture ikke umiddelbart kan opfyldes med en elbil. Er der i forvejen konventionelle biler i husstanden, er der større frihed til at vælge en elbil. På samme måde indikerer de estimerede parametre, at kvinder har større præferencer for elbiler, at der større præferencer for elbiler ved køb af en lille bil, samt at der er lavere præferencer for elbiler, jo flere kilometer, der årligt køres i alle husstandens biler.

#### LITTERATUR

- Thomas Adler, Laurie Wargelin, Lidia Kostyniuk, Chris Kalavec, and Gary Occiuzzo. Incentives for alternate fuel vehicles: A large-scale stated preference experiment. 2003. 10th. International Conference on Travel Behaviour Research, August 10-15, Lucerne.
- R. P. Batley, M. J. Knight, and J. P. Toner. A mixed logit model of u.k. household demand for alternative-fuel vehicles. *Rivista Internazionale di Economia dei Trasporti - International Journal of Transport Economics*, 31(1):55, february 2004. ISSN 03918440.
- M.E. Ben-Akiva and S.R. Lerman. *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand*. The MIT Press, 1985.
- Linda Christensen, Stefan L. Mabit, and Ole Kveiborg. The market for electric vehicles - what do potential users want. In *12th. WCTR, July 11-15th. 2010, Lisbon, Portugal*, 2010.
- John K. Dagsvik, Tom Wennemo, Dag G. Wetterwald, and Rolf Aaberge. Potential demand for alternative fuel vehicles. *Transportation Research Part B: Methodological*, 36(4):361 – 384, 2002. ISSN 0191-2615. doi: DOI: 10.1016/S0965-8564(01)00013-1. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V99-44NM36D-5/2/6810360772e6a481b46246522b362f05>.
- Anders Fjendbo Jensen. Development of a stated preference experiment for electric vehicle demand. Master's thesis, DTU Transport, Technical University of Denmark (DTU), 2010.
- Carsten Jensen. Danskernes transport - hvor meget, hvordan, hvor og hvornår? In *Trafikdage 2009*. Modelcenter, DTU Transport, Danmarks Tekniske Universitet, 2009.
- J. Jordal-Jørgensen. Stated preference survey of new car purchases. Technical report, Det strategiske forskningsråd, 2010.
- W. F. Kuhfeld. *Marketing Research Methods in SAS - Experimental Design, Choice, Conjoint, and Graphical Techniques*. SAS, 9,2 edition, 2009.
- Anders Vedsted Nørrelund and Allan Olsen. Edison electrical guide. Draft, 2010.
- Dimitris Potoglou and Pavlos S. Kanaroglou. Household demand and willingness to pay for clean vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(4):264 – 274, 2007. ISSN 1361-9209. doi: DOI: 10.1016/j.trd.2007.03.001. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VH8-4NH6NGM-1/2/5ba7fdb8093b10983ca39172a99899a>.